

# プレストレス導入セグメントの開発

森 芳樹<sup>1</sup>・一原 正道<sup>2</sup>・宮澤 昌弘<sup>1</sup>

<sup>1</sup>正会員 前田建設工業株式会社 土木本部 土木部（〒102-8151 東京都千代田区富士見2-10-26）

<sup>2</sup> 前田建設工業株式会社 土木本部 土木部（〒102-8151 東京都千代田区富士見2-10-26）

**キーワード:** シールドトンネル, セグメント, プレストレス, 継手併用, 二次覆工省略

## 1. はじめに

近年の都市型水害の増加に伴い、地下河川・地下貯留管を根幹とした治水対策が推し進められている。また、兵庫県南部地震以降、シールドトンネルにおいても耐震設計が適用されるケースが増加している。このような荷重条件下において、覆工断面に発生する断面力は、内水圧・地震時増分荷重により軸力卓越状態から曲げモーメント卓越状態へ移行する。

RC セグメント構造は、リング効果による軸力卓越状態を基本とするため、部材性能で曲げモーメントに抵抗するためには部材の耐力増加が必要となる場合がある。そこで、筆者らは、セグメントに適切なプレストレス（軸力）を導入して覆工厚の増加を抑制し、また、継手を併用することで、双方の利点を生かした合理的で経済的な覆工構造を開発した。

本論文は、当社で開発したスライドコッター（軸方向挿入型コッター）セグメントにプレストレスを導入して、実物大セグメント（写真-1 参照）による施工性確認試験を実施し、良好な結果を得たので、ここに報告する。

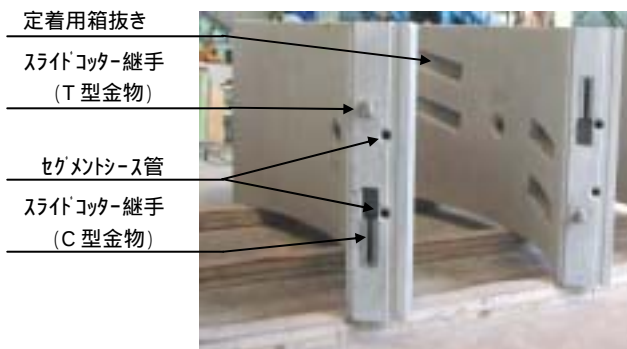


写真-1 プレストレス導入スライドコッターセグメント

## 2. プレストレス導入セグメントの特長

プレストレス導入セグメントは、あらかじめセグメントに埋め込んだシース管に緊張材料としてアンボンD PC 鋼より線（写真-2参照）を挿入し、緊張定着することにより、セグメント円周方向にプレストレスを導入する方式である。この方式には、セグ

メント円周方向にプレストレスを導入することにより、軸力が増加するので覆工厚の低減や継手の小型化によるコストダウンが可能である、といった特長を有する。

さらに、スライドコッターセグメントと併用することにより、次の特長を有する。

- ・スライドコッター継手（セグメント継手）で常時荷重を負担するため、緊張作業が掘削サイクルに影響を及ぼさない。
- ・クイックジョイント（リング継手）の使用により、トンネル縦断方向の耐震性能が向上する。
- ・継手がトンネル内部に露出しないため、セグメントの耐久性が向上する。



写真-2 アンボンD PC 鋼より線

## 3. ケーススタディ

### (1) ケーススタディの概要

内水圧作用時のプレストレス導入セグメントの有効性を確認するため、「内水圧が作用するトンネル覆工構造設計の手引き<sup>1)</sup>」に基づき図-1の断面について、ケーススタディを行った。

ケース 1(内径φ4,750mm)

| 土質区分 | 層厚 (m) | N値 | 単位重量 (kN/m <sup>3</sup> ) |
|------|--------|----|---------------------------|
| Lm   | 3.3    | 2  | 14                        |
| Ac   | 2.2    | 3  | 16                        |
| As   | 5.7    | 15 | 20                        |
| Ds   |        | 30 | 18                        |

ケース 2(内径φ5,700mm)

| 土質区分 | 層厚 (m) | N値 | 単位重量 (kN/m <sup>3</sup> ) |
|------|--------|----|---------------------------|
| B    | 1.5    |    | 18                        |
| Ac1  | 6.8    | 1  | 14                        |
| Ds1  | 3.4    | 20 | 19                        |
| Dc1  | 3.8    | 29 | 18                        |
| Ds2  | 1.4    | 47 | 19                        |
| Dc3  | 9.9    | 17 | 18                        |
| Ds3  | 3.7    | 41 | 19                        |
| Dc3  | 1.9    | 14 | 18                        |
| Ds3  | 5.7    | 50 | 19                        |

図-1 検討断面

## (2) ケーススタディの結果

表-1および表-2に示すとおり、プレストレスの導入により、セグメント桁高、セグメント継手仕様などが低減できる結果となった。

表-1 ケース 1 検討結果一覧

| セグメント種類     |      | ボルト式継手<br>セグメント               | コッターセグメント                    | PC導入<br>コッターセグメント           |
|-------------|------|-------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| 本体          | 桁高   | 250[mm]                       | 250[mm]                      | 200[mm]                     |
|             | 外側鉄筋 | 鉄筋量<br>15.9[cm <sup>2</sup> ] | 15.9[cm <sup>2</sup> ]       | 15.9[cm <sup>2</sup> ]      |
|             |      | 引張鉄筋比<br>0.7[%]               | 0.7[%]                       | 0.9[%]                      |
|             | 内側鉄筋 | 鉄筋量<br>22.9[cm <sup>2</sup> ] | 22.9[cm <sup>2</sup> ]       | 19.4[cm <sup>2</sup> ]      |
|             |      | 引張鉄筋比<br>1.0[%]               | 1.0[%]                       | 1.2[%]                      |
| セグメント<br>継手 | 仕様   | ボルト式継手<br>M27 × 2本            | コッター式継手<br>100kNコッター<br>× 2個 | コッター式継手<br>50kNコッター<br>× 2個 |
| プレストレス      | 仕様   | -                             | -                            | φ12.7mm × 2本                |

表-2 ケース 2 検討結果一覧

| セグメント種類     |      | ボルト式継手<br>セグメント               | コッターセグメント                    | PC導入<br>コッターセグメント            |
|-------------|------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 本体          | 桁高   | 250[mm]                       | 250[mm]                      | 200[mm]                      |
|             | 外側鉄筋 | 鉄筋量<br>23.1[cm <sup>2</sup> ] | 23.1[cm <sup>2</sup> ]       | 24.0[cm <sup>2</sup> ]       |
|             |      | 引張鉄筋比<br>0.8[%]               | 0.8[%]                       | 1.1[%]                       |
|             | 内側鉄筋 | 鉄筋量<br>30.3[cm <sup>2</sup> ] | 30.3[cm <sup>2</sup> ]       | 24.0[cm <sup>2</sup> ]       |
|             |      | 引張鉄筋比<br>1.1[%]               | 1.1[%]                       | 1.2[%]                       |
| セグメント<br>継手 | 仕様   | ボルト式継手<br>M27 × 2本            | コッター式継手<br>150kNコッター<br>× 2個 | コッター式継手<br>100kNコッター<br>× 2個 |
| プレストレス      | 仕様   | -                             | -                            | φ15.2mm × 2本                 |



写真-3 2リング目組立完了



写真-4 プレストレス導入完了

## 4. リング組立試験

### (1) 試験目的

実物大セグメント（セグメント外径φ3,650mm、桁高200mm）およびシールドマシンを用いて、セグメントリングを組立てた後にプレストレスを導入し、その施工性能および緊張力の導入状況を確認する。

### (2) 試験概要

実際のセグメント組立を想定し、2リング組立（1リング目は平組、2リング目はエレクターを用いて組立）を行った後（写真-3参照）に、油圧ポンプおよびセンターホールジャッキ等を用いてプレストレスを導入（図-2および写真-4参照）し、施工性の確認およびプレストレスロスを測定した。なお、導入プレストレスは「土木学会コンクリート標準示方書<sup>2)</sup>」に基づき算出した値とした。

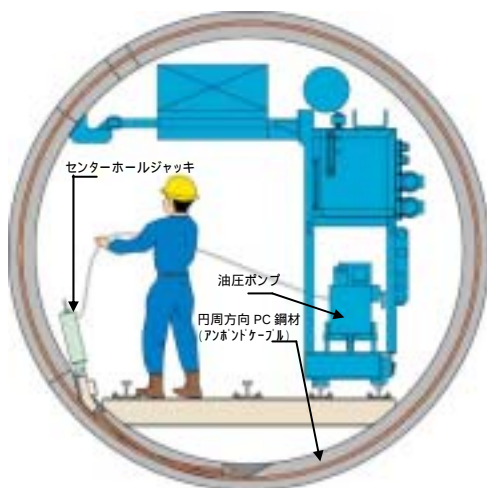


図-2 プレストレス導入概念図

### (3) 試験結果

施工性については、スライドコッターセグメントのスムーズで確実な組立性能と高い真円度により、アンボンドPC鋼より線のシース管への挿入が安全かつスムーズに行えた。なお、プレストレス導入後の真円度は鉛直方向が-1mm、水平方向が+1mmであった。

プレストレスロスについては、セットロス後の摩擦などによる緊張材引張力の減少率が5%程度と低い値になり、均等にプレストレスが導入されていると考えられる。

## 5. おわりに

継手を併用したプレストレス導入セグメントは、内水圧作用時・地震時において有効であり、良好な施工性を有することが確認できた。

今後は、プレストレス導入継手曲げ試験（継手性能の確認）プレストレスのリラクゼーション試験（導入プレストレス力の経時変化の確認）などを行い、シールドトンネルの一次覆工体としての基本性能を有している事を確認していく所存である。

### 参考文献

- 1) (財)先端建設技術センター：内水圧が作用するトンネル覆工構造計算の手引き、平成11年3月
- 2) 土木学会：コンクリート標準示方書〔2002年制定〕構造性能照査編、平成14年3月